

УДК 621

**І. В. Ночніченко, к.т.н., старший викладач,  
О. В. Узунов, д.т.н., професор**

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

## **ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТЕЧІЇ РІДИНИ У ГІДРАВЛІЧНОМУ ДРОСЕЛЬНОМУ ВУЗЛІ З КОНІЧНИМ ЗОЛОТНИКОМ**

**Актуальність.** Проектування гідравлічних пристроїв передбачає математичне моделювання фізичних процесів. У разі необхідності забезпечення потрібних динамічних характеристик таке моделювання виконують у зосереджених параметрах. Це спрощує математичну модель, але одночасно і зменшує її роздільну здатність. При вирішенні задач пов'язаних з впливом характеристик гідродинамічних процесів на роботу пристрою використання математичної моделі на основі зосереджених параметрів не забезпечує достатньої роздільної здатності. Математичні моделі на основі розподілених параметрів дозволяють вирішувати такі задачі, але для отримання коректних результатів, враховуючи значну складність таких моделей, необхідно мати експериментальні данні для їх тестування і налаштування. Для вказаних моделей такими даними є візуальні картини течії робочої рідини з можливістю визначення кількісного зв'язку між параметрами конструкції, характером гідродинамічних потоків і значеннями тиску та швидкості у його перетинах [1]. Відсутність таких даних для конкретних задач, які вирішуються, потребує проведення експериментальних досліджень. Одною з таких задач є моделювання гідродинамічних потоків у типовому дросельному вузлі з конічним золотником.

**Методика та обладнання.** Для імітації робочих процесів у типовому дросельному вузлі з конічним золотником було створено його макет. Можливість візуального спостереження за процесами забезпечена виконанням елементів макету з прозорого поліметилкрилату. Макет дозволяє імітувати процеси в дроселі при перепадах тиску 0...6 МПа, витраті робочої рідини 0...0,0005 м<sup>3</sup>/с та температурі 10...+60 °С.

Методика проведення досліджень полягала у виконанні наступних дій в наведений черговості: завданні величини дросельної щільності, подаванні робочої рідини на вхід А, налаштуванні перепаду тиску між входом А та виходом Б (рис. 1), контролюванні температури робочої рідини у дросельному вузлі, вимірюванні витрати через дросельний вузол.

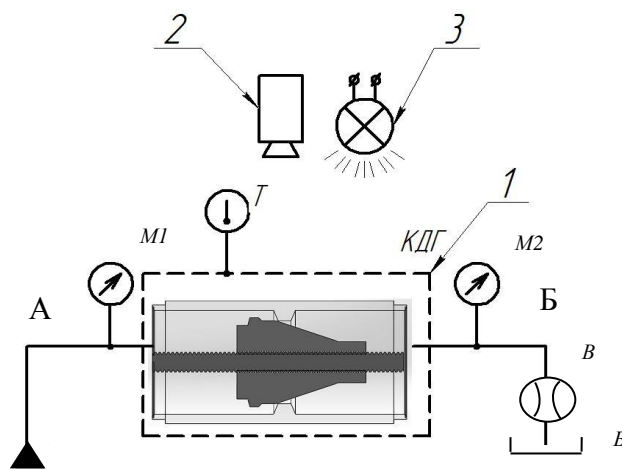


Рисунок 1 – Схема комплексного експериментального стенду:  
1 – імітаційний макет; 2 – високошвидкісна відео камера;  
3 – джерело світла

Відповідно до методики розроблено схему експериментального стенду (рис. 1) та складено експериментальний стенд. Стенд складається з імітатора роботи дросельного вузла 1, насосної станції, манометрів М1, М2, електронного датчика температури Т, витратоміра об'ємного типу В та бака Б. У якості робочої рідини застосовано гідравлічне мастило категорії Н-Л.

Можливість реалізації дій методики забезпечена за допомогою відповідних елементів стенду. Насосна станція

забезпечує можливість налаштування перепадів тиску в діапазоні 0,1...4 МПа. Нагрів робочої рідини до температур в діапазоні 29...50 °С забезпечується шляхом її дроселювання в дроселі імітатора та в елементах гідросистеми. Для вимірювання температури робочої рідини використовується електронний калібрований термометр (Т) на основі термопари та блоку обробки інформації. Витратомір (В) забезпечує можливість вимірювання витрати об'ємним способом. Фіксація результатів експерименту забезпечується за допомогою високошвидкісної відео камери Casio EX-ZR300 (2), яка здатна робити зйомку до 1000 кадрів в секунду. Камера встановлювалась на штативі перпендикулярно осі макету. Підсвічення потоку робочої рідини забезпечувалось за допомогою світлодіодів з можливістю налаштування яскравості в залежності від особливостей течії.

**Експеримент.** В ході експерименту досліджено характер течії робочої рідини у вибраному діапазоні перепадів тиску та температури.

Експеримент проведено для різних перепадів тиску та площ дросельної щілини. Відзначено суттєвий вплив температури на витрату через дросель. Наприклад, при зміні температури від 20 до 50 °С та перепаді тиску 10 бар витрата через дросель збільшилась на 45 %. Встановлено, що в процесі дроселювання при перепаді тиску 1 бар утворюється двофазний потік, який характеризується значним вспінням рідини на виході (рис. 2). Утворення в робочій рідині двох фаз ймовірно змінює її модуль пружності, густину. Відзначено, що поява вспіння та пропорційне збільшення його інтенсивності спостерігається при збільшенні перепаду тиску від 1,1 до 4 МПа.



Рисунок 2 – Візуальна картина течії потоку через дросельний отвір та за ним (рух рідини з права на ліво,  $\Delta p=10$  бар,  $t=30$  °С,  $Q=5 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с, швидкість фотозйомки 200 кадрів в секунду, площа дроселя 0,00023 м<sup>2</sup>)

Вказані зміна характеру течії для заданої геометрії дросельного отвору та відомих умов, а також візуальна картина течії можуть бути використані у якості еталонних даних для тестування математичних моделей.

**Висновки.** Для дроселю вибраного типу і заданого діапазону змін параметрів визначено характер руху робочої рідини та отримано візуальну картину течії. Визначено кількісні значення перепаду тиску та температури при яких для заданої геометрії дроселя та розмірів дросельного отвору відбувається зміна характеру течії потоку, що може слугувати еталонними даними для тестування математичних моделей, побудованих на основі розподілених параметрів.

### Література

1. Сиов Б. Н. Истечение жидкости через насадки / Б. Н. Сиов. – М. : Машиностроение. – 1968. –140 с.